

UNA POLÉMICA SOBRE LA GÉNESIS DEL YESO DEL CERRO DE LOS ÁNGELES (MADRID) EN EL SIGLO XX (1916-1918)

M^a Ángeles GARCÍA-DEL-CURA¹ y Salvador ORDÓÑEZ DELGADO²

¹ IGEO (CSIC, UCM)

²Universidad de Alicante

Introducción

Con motivo del Centenario de la creación de la Cátedra de Cristalografía y Mineralogía de la Universidad de Barcelona, Galí Medina y Castillo¹, hacían mención a una disputa científica sostenida entre un profesor de la Universidad de Barcelona, Francisco Pardillo Vaquer (1884 -1955), y dos profesores de la entonces Universidad Central, y del Museo Nacional de Ciencias Naturales Eduardo Hernández-Pacheco (1862-1965) y José Royo Gómez (1895-1961), en la que terció el Profesor de Cristalografía de la Universidad Central, Lucas Fernández Navarro (1869-1930), que a su vez fue el sucesor en la cátedra de Francisco Quiroga (1853 -1894), primer titular de la primera Cátedra de Cristalografía, creada en España en 1888². En las contribuciones conmemorativas anteriormente señaladas se hace referencia a la polémica acerca del origen de unos complejos minerales de yeso (agrupaciones laminares de yeso irregularmente orientadas con pseudo-formas romboédricas o monoclinicas); la polémica llevó a un alejamiento entre estos profesores durante más de veinte años.

No pretendemos en nuestra revisión dar la razón a nadie, e incluso creemos que como siempre hay un poco de razón en todas las opiniones. La verdad sin duda existe, pero su búsqueda está en la razón, y la acumulación de puntos de vista y datos, acabará algún día, y no ahora, iluminando nuestros pensamientos.

¹ GALÍ MEDINA, Salvador y CASTILLO OLIVER, Montgarri (2012) «Francisco Pardillo Vaquer: de la Cristal.lografia Clàssica a la Cristal.lografia Moderna». En: PROENZA, Joaquín A., LABRADOR, Manuel y GALÍ MEDINA, Salvador (coord.) *100 Anys de la Càtedra Cristal.lografia i Mineralogia*. Barcelona: Departament Cristal.lografia, Mineralogia i Deposits Minerals de la Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona, p. 5-9.

² BOLADO SOMOLINOS, José Manuel (1912) *Ciento diecisiete años de enseñanza de la Geología en la Facultad de Ciencias de la Universidad Central/Complutense (1857-1974)*. Madrid: Facultad de Ciencias Geológicas de la UCM.

El Cerro de los Ángeles, en la actualidad profundamente restaurado y reforestado, tal como puede verse comparando fotografías anteriores al año 1936 y actuales (figuras 1 y 2) ha sido objeto de numerosos documentos cartográficos, Prado (1853)³, Prado (1864)⁴, Pérez de Barradas (1926)⁵, Castells y de la Concha (1951)⁶, y Martín Bourgón *et al.* (1973)⁷.



Figura 1. Cerro de los Ángeles. Fotografía 30 de mayo de 1919.

La estructura del relleno de la Cuenca de Madrid, donde se ubica el Cerro de los Ángeles, fue revisada por Megías *et al.*⁸, en esta revisión se puede ver como el Cerro de los Ángeles se ubica entre la Unidad Salina y la Unidad Intermedia. Calvo Sorando *et al.*⁹ dicen textualmente «El límite

³ PRADO, Casiano de (1853) *Mapa Geológico en bosquejo de la Provincia de Madrid*. Madrid: Imprenta Nacional.

⁴ PRADO, Casiano de (1864) *Descripción física y geológica de la provincia de Madrid*. Madrid: Imprenta Nacional.

⁵ PÉREZ DE BARRADAS, José (1926) *Estudios sobre el terreno cuaternario del valle del Manzanares*. Madrid: Ayuntamiento de Madrid.

⁶ CASTELLS, José y CONCHA, Serafin de la (1951): *Mapa geológico de España, escala 1:50.000, Hoja n° 582 (Getafe)*. Madrid: IGME.

⁷ MARTÍN BOURGÓN, Pedro; CAMPOS JULIÁ, Carlos; VEGAS MARTÍNEZ, Ramón; PÉREZ GÓNZALEZ, Alfredo y MÍGUEZ, Felix (1973) *Mapa Geológico 1/50.000. Hoja n° 582 (Getafe)*. Madrid: IGME.

⁸ MEGÍAS, Alberto G., ORDÓÑEZ, Salvador y CALVO, José Pedro (1983) «Nuevas aportaciones al conocimiento geológico de la Cuenca de Madrid». *Revista de Materiales y Procesos Geológicos*, 1: 163-191.

⁹ CALVO SORANDO, José Pedro; ORDÓÑEZ, Salvador; HOYOS, Manuel y GARCÍA DEL CURA, M^a Angeles (1984) «Caracterización sedimentológica de la Unidad

inferior de la Unidad Intermedia viene marcado en esta zona por una superficie de paleokarstificación que afecta al sustrato evaporítico infrayacente». La misma opinión puede encontrarse en Alonso-Zarza *et al.*¹⁰.

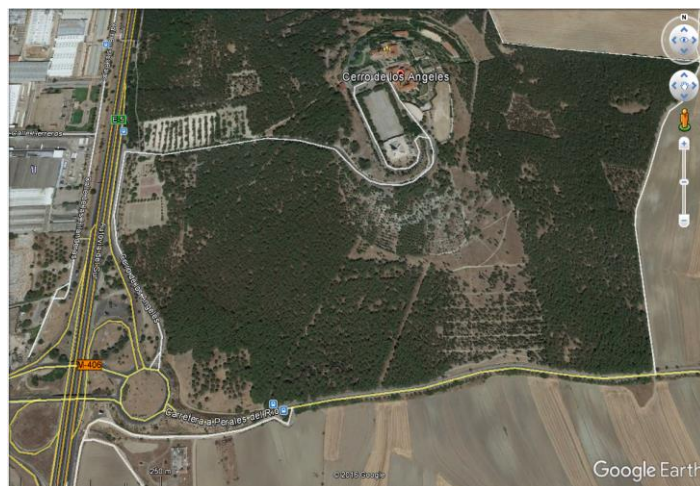


Figura 2. Cerro de los Ángeles. Foto *Google Earth* 2017.

De acuerdo con García del Cura *et al.*¹¹:

La acción hipergénica (meteorización), no sólo se manifiesta en el lixiviado de las sales solubles, sino que también implica cambios mineralógicos, así la anhidrita y glauberita son alterados a yeso, pudiendo seguirse gradualmente la alteración en profundidad (en los sondeos) encontrándose desde glauberita yesificada por los bordes y líneas de foliación hasta masas de mosaicos microcristalinos con la forma de cristales de glauberita, conservando la distribución anterior del material interpartícula... siendo común la presencia de yeso pseudomórfico de glauberita (euhedral) sin impurezas en el seno de grandes cristales de yeso que engloban carbonato micrítico, cuarzo [...]

Consideraciones más generales sobre esta cuestión pueden verse en Ordóñez y García del Cura (1994)¹².

Intermedia del Mioceno de la zona sur de Madrid». *Revista de Materiales y Procesos Geológicos*, 2: 145-176

¹⁰ ALONSO-ZARZA, Ana M^a; CALVO, José Pedro; SILVA, Pablo G. y TORRES, Trino (2004) «Cuenca del Tajo». En: VERA, José Antonio (ed.), *Geología de España*, 556-561. Madrid. SGE-IGME.

¹¹ GARCÍA DEL CURA, M^a Ángeles, ORDÓÑEZ, Salvador y LÓPEZ-AGUAYO, Francisco (1979) «Estudio petrológico de la "Unidad Salina" de la Cuenca del Tajo». *Estudios geológicos*, 35: 325-339.

¹² ORDÓÑEZ, Salvador y GARCÍA DEL CURA, M^a Angeles (1994) «Deposition and diagenesis of sodium-calcium sulfate salts in the Tertiary Saline Lakes of the

El origen de la polémica

Hernández-Pacheco y Royo Gómez¹³, describen el corte del Cerro de los Ángeles, en el apartado correspondiente a la «Constitución Geológica del Cerro de los Ángeles». Describen dicho corte con 670 m de cota s.n.m., y 60 de altura sobre la llanura circundante. Distinguen tres tramos litológicos: un nivel inferior de yesos y margas yesíferas, con un espesor superior a 50 m, que forma los acantilados del río Manzanares; un nivel de arcillas margosas, como las del Cerro Negro y un tercer nivel que corona el cerro constituido por niveles con sílex, calcedonia y sepiolita... Este esquema coincide a grandes rasgos con el de Pérez de Barradas (Figura 3).

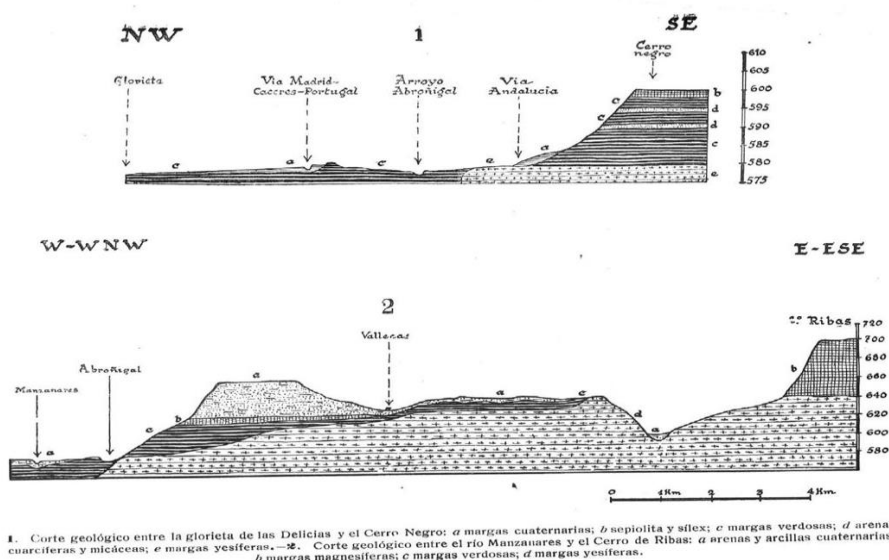


Figura 3. Cortes geológicos de la región de Madrid según Pérez de Barradas (1926), *op. cit.* nota 5.

El estudio de los yesos lo centran en una cantera situada al SW del Cerro de los Ángeles, con pocas margas, y hábito «penniforme», en esta masa describen «porciones irregulares de yeso más puro y blanco» y aseguran querer hacer una descripción detallada ya que se trata de una «nueva forma cristalográfica en el yeso» y que forman agrupaciones de «aspecto

Madrid Basin, Spain». In: RENAUT, William & LAST, William M. (eds.) *Sedimentology and Geochemistry of Modern and Ancient Saline Lakes*. Tulsa: Symposium SEPM, Special publ. 50: 229-238.

¹³ HERNÁNDEZ-PACHECO, Eduardo y ROYO GÓMEZ, José (1916) «Mineralogía, Geología, y Paleontología del cerro de los Ángeles (Madrid)». *Boletín de la Real Sociedad Española Historia Natural*, 16: 536-539.

romboédrico semejantes a primera vista a los que forman los cristales de calcita espática». Estas agrupaciones cristalinas, según los autores, eran semejantes a las que había descrito Quiroga¹⁴, y que interpretó como un cambio de calcita en selenita (yeso) por la «lenta» acción de sulfúrico procedente de la oxidación de sulfhídrico de origen orgánico sobre cristales calcita. (este modelo ya había sido citado por Vilanova, y no se abandona hasta Fernández Navarro)¹⁵.

En el apartado de la redisolución de los yesos los describe en las mismas canteras situadas al SW del Cerro de los Ángeles, y lo atribuye a circulación de aguas subterráneas que según ellos han desarrollado cavidades y grietas, a veces con las paredes redondeadas semejantes a las que se observan en «cavernas calizas». Citan la «Cueva de la Magdalena», cueva visitable actualmente situada cerca de la depuradora de Perales del Río, en el Cerro de la Gavía¹⁶, con una amplia cavidad y situada en la Unidad Salina.

En el mismo trabajo, los autores también mencionan como, a causa de la disolución de los yesos (Unidad Salina), se colapsa el nivel de margas arcillosas, dando lugar a fuertes buzamientos y ondulaciones de estos niveles amoldándose a los huecos que se forman en la Unidad Salina, en este punto citan a Casiano del Prado¹⁷. Estos colapsos han sido observados en bastantes puntos, incluso mostrando estrias verticales.

En esencia, un trabajo riguroso e impecable en cuanto a la descripción de la litoestratigrafía del Cerro, si salvamos la cuestión de las «Nuevas formas de yeso», que hace referencia a pseudomorfismo en yesos; y la simplificación de la disolución de los yesos, que es fundamentalmente la disolución de las fases solubles.

En zona próximas, algunos autores, describen la mineralogía de la Unidad Salina... «anhidrita, magnesita (con ilita, cuarzo, feldespato, esmectitas, caolinita y cloritas), glauberita, halita-polihalita, conteniendo yeso y calcita de carácter exclusivamente hipergénico (weathering)»¹⁸.

¹⁴QUIROGA, Francisco (1890) «Yeso pseudomórfico de calcita». *Actas de la Sociedad Española de Historia Natural*, 19: 100.

¹⁵ ORDÓÑEZ, Salvador y GARCÍA DEL CURA, M^a Ángeles (1998) «La geología de la Cuenca de Madrid en la obra de Casiano del Prado (1797-1866)». *Geogaceta*, 23: 107-109.

¹⁶ Ramefes II: Cueva de la Magdalena:
<http://ramefesii.blogspot.com.es/2013/01/cueva-de-la-magdalena-getafe-madrid.html>

¹⁷ ORDÓÑEZ, Salvador y GARCÍA DEL CURA, M^a Ángeles (1998), *op. cit.*, nota 15.

¹⁸ GARCÍA DEL CURA, M^a Ángeles; ORDÓÑEZ, Salvador y CALVO, José Pedro (1986). «La Unidad Salina (Mioceno) en el Área de Madrid. Características petrológicas y mineralógicas». *Boletín Sociedad Española de Mineralogía*, 9: 329-338.

Así mismo describen facies conteniendo glauberita, en la Mina Consuelo, en el valle del Jarama, a la altura de San Martín de la Vega¹⁹.

Las razones de Pardillo y la reacción de Hernández - Pacheco y Royo Gómez

El artículo de Hernández-Pacheco y Royo²⁰, recibe una réplica de Pardillo²¹, en la que se ciñe exclusivamente a las formas de los agregados cristalinos descritos en él, los cuales ha podido estudiar por habérselos remitido los autores del artículo. En ella afirma que son «uno de tantos casos de pseudomorfismo por relleno que origina la calcita en virtud de su gran solubilidad en los ácidos». Y continúa:

No hay sustitución molecular, y sí la apariencia de cristalización acaecida en espacio limitado, sobre cuyas paredes se han detenido los cristales, constituyendo una superficie casi única y lisa, como la base de una drusa sobre un portaobjetos o las paredes de un crisol.

Realiza las medidas goniométricas de los ángulos de la pseudo-forma del agregado cristalino en los ejemplares con superficies mejor conformadas y la media le da los valores, necesariamente imprecisos, que le permiten asimilarla a los ángulos de la calcita. Por ello señala que está ante pseudomorfismos de relleno, y de no sustitución, y por supuesto que no es una «nueva forma de yeso».

La nota es contestada por Hernández-Pacheco y Royo²², que señalan su interés en que un experto en Cristalografía solucionase el problema de los «conjuntos cristalinos de yeso de las Canteras del Cerro de los Ángeles, formados por agrupaciones laminares de yeso irregularmente orientados», aceptando que ellos no saben como resolverlo, y por lo tanto aceptan que ni son «nuevas formas de yeso» (hábitos de yeso), ni las «seudoformas son romboédricas, sino monoclinicas». Y señalan que la hipótesis de pseudomorfismo de calcita no se justifica por la desigualdad entre los ángulos medidos que se ha visto en «gran número de ejemplares», por otra parte, la aparición de las facetas d (111), no concuerda muy bien con el romboedro.

¹⁹ GARCÍA DEL CURA, M^a Ángeles; ORDÓÑEZ, Salvador y SÁNCHEZ MORAL, Sergio (1992) «Un yacimiento de glauberita en facies evaporíticas marginales: Mina Consuelo (San Martín de la Vega- Madrid)». *Actas de las Sesiones Científicas. III Congreso Geológico de España, t 3*: 372- 377.

²⁰ HERNÁNDEZ-PACHECO, Eduardo y ROYO GÓMEZ, José (1916), *op cit*, nota 13.

²¹ PARDILLO, Francisco (1917) «Sobre el yeso del Cerro de los Ángeles (Madrid)». *Boletín de la Real Sociedad Española Historia Natural*, 17: 535-537.

²² HERNÁNDEZ-PACHECO, Eduardo y ROYO GÓMEZ, José (1917) «Acerca del yeso del Cerro de los Ángeles». *Boletín de la Real Sociedad Española Historia Natural*, 17: 572-574.

Además, señalan que en las margas yesíferas donde se encuentran los agregados cristalinos irregulares a los que nos venimos refiriendo, no existen cristales de calcita, y únicamente aparecen como formaciones secundarias en la Unidad Intermedia, tal como puede verse en el Cerro de Almodóvar. Y acaban diciendo que las medidas goniométricas de cristales de yeso, y la literatura comparada usada, no tienen sentido por cuanto ellos en su nota se refieren a:

[...] un complejo cristalino en el que no prejuzgamos que tenga o no la forma cristalográfica del yeso, sino simplemente que este complejo ha adquirido la «forma de cristal monoclinico», lo cual es muy distinto.

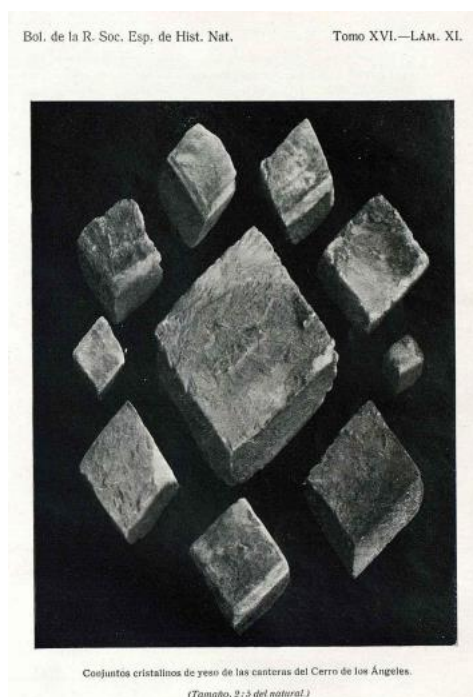


Figura 4. Tomada de Hernández-Pacheco y Royo Gómez 1916 *op. cit.*, nota 13.

La lectura comparada de los textos originales, del primer trabajo de Hernández-Pacheco y Royo²³, y esta contestación refleja una cierta variación de criterio.

La respuesta de Pardillo no se hace esperar²⁴, en ella después de poner de manifiesto que han rectificado al menos en lo referente a que no

²³ HERNÁNDEZ-PACHECO, Eduardo y ROYO GÓMEZ, José (1916), *op cit*, nota 13.

²⁴ PARDILLO, Francisco (1918) «Algunas consideraciones más sobre el yeso del Cerro de los Ángeles (Madrid)». *Boletín de la Real Sociedad Española Historia Natural*, 18: 126-130.

existe una «Nueva forma cristalográfica», que es quizá un punto débil del trabajo original; añade que:

a) La forma de la «asociación irregular de individuos de yeso adopta siempre la misma forma»: a) La forma es prestada, independiente de la asociación [...] b) La forma prestada de los conjuntos cristalinos corresponde a la calcita [...] c) En los depósitos terciarios la paragénesis y la sucesión yeso-calcita, es perfectamente admisible [...] y tiene su comprobante experimental [...]

Este punto no está demostrado ya que todas las citas que hace se refieren a transformaciones yeso \Rightarrow calcita, y ninguna a la que sería el caso del yeso de nuestro problema calcita \Rightarrow yeso. Y continúa:

d) Los romboedros de calcita del Cerro de los Ángeles pudieron formarse a expensa de calcita... ¿Serán parte las precedentes consideraciones para convencer a los Sres. Hernández-Pacheco y Royo?

Las consideraciones de Pardillo no parecen convencer a Hernández-Pacheco y Royo, que, según el Acta de la Sesión de la Real Sociedad Española de Historia Natural de 6 de febrero de 1918, se niegan a seguir la discusión si no se aportan más datos, por entender que «no conduce a ningún fin académico» para resolver el problema, que en su opinión sigue sin resolverse.

La intervención de Fernández Navarro

La polémica da un giro importante cuando interviene en ella Lucas Fernández Navarro (1869-1930)²⁵, alumno de Quiroga, buen geólogo y buen conocedor de la Geología de Madrid²⁶, buen divulgador de la Geología de España y de la Deriva Continental y sucesor de Quiroga y de Salvador Calderón, el gran mineralogista español; maestro de Martín Cardoso, que determinó la estructura cristalina de la glauberita²⁷.

La intervención de Lucas Fernández. Navarro²⁸ repasa brevemente la historia de los cristales de yeso desde Quiroga, sitúa la cantera en la que los encontraron Hdez.-Pacheco y Royo, y en tono conciliador entre éstos y Pardillo afirma:

²⁵ BOLADO SOMOLINOS, José Manuel (1912), *op. cit.*, nota 2.

²⁶ FERNANDEZ NAVARRO, Lucas (1904) «Sobre el Terciario de los alrededores de Madrid». *Boletín de la Real Sociedad Española de Historia Natural*, 4: 271-281. FERNANDEZ NAVARRO, Lucas (1909) «Notas geológicas: I. Límites entre el Terciario y el Cuaternario al S. de Madrid». *Boletín de la Real Sociedad Española Historia Natural*, 9: 330-336.

²⁷ MARTÍN CARDOSO, Gabriel; GARRIDO, Julio y GARCÍA DE LA CUEVA, J. (1931). «El grupo estereocristalino de la glauberita». *Boletín de la Sociedad Española de Historia Natural*, 31: 547-552.

²⁸ FERNÁNDEZ NAVARRO, Lucas (1919) «Una opinión sobre el yeso del Cerro de los Ángeles». *Boletín de la Real Sociedad Española Historia Natural*, 18: 260-266.

[...] No creemos que se ofrezca ya la menor duda en este punto y afirmamos que los complejos que estudiamos son ejemplo excelente de metamorfosis hipostática. Explícita o implícitamente lo dan también a entender así los Sres. Pardillo, Pacheco y Royo [...]

Al realizar secciones y las correspondientes preparaciones petrográficas, truncando vértices y aristas, encontró en todos los casos una «interpenetración irregular de cristales de diversos tamaños orientado en todas las direcciones».

Respecto a las medidas de los ángulos diedros efectuadas sobre la pseudoforma metasomatizada, aún asumiendo que no eran perfectas, diferían de la calcita, y se parecían a los cristales monoclinicos de glauberita, por otra parte un mineral muy común coexistiendo con los yesos de la Unidad Salina, no sólo en esta cuenca sino en otras Cuencas terciarias españolas... Esto le lleva a plantear las bases Físico-químicas teóricas de la transformación de la glauberita en yeso: «El proceso de la glauberita en contacto con el agua es hacerse opaca y luego disolverse, dejando residuo de sulfato de calcio. Por exposición al aire húmedo se descompone, se pulveriza y se deposita yeso cristalizado». Y señala que:

Las precedentes consideraciones, que no creemos necesario ampliar, nos llevan, en resumen, a considerar, que los complejos cristalinos de yeso..., podrían ser pseudomorfosis hipostáticas de cristales de glauberita. Cualquiera otra hipótesis de las hasta ahora formuladas nos parece menos verosímil.

En la respuesta de Pardillo²⁹ a la nota de Fernández Navarro, asegura que la hipótesis mineralogenética en principio le parece sugestiva, pero no le parece aceptable. La figura de glauberita que mayor semejanza muestra con los cristales del Cerro de los Ángeles, es la de Dufrénoy («Traite de Min.», lám. 11, fig. 63)³⁰, correspondiente a un cristal de Villarrubia. Pues bien: la interpretación dada por el mineralogista francés es errónea, según Pardillo³¹, las caras d(111) llevan una «truncadura tautozonal», que no se ha encontrado en ningún yacimiento; además, están siempre mucho más desarrolladas que las m (110), de importancia muy secundaria. En resumen:

[...] para asimilar a la glauberita las formas del yeso es necesario dar a las caras tomadas por el Sr. Navarro la posición de las (110) y que su

²⁹ PARDILLO, Francisco (1919) «Observaciones a la nota del Sr. Fernández Navarro. Una opinión sobre el yeso del Cerro de los Ángeles (Madrid)». *Boletín de la Real Sociedad Española Historia Natural* 19: 401-405.

³⁰ *Ibidem*.

³¹ *Ibidem*.

ángulo fuese de 96°. En tal orientación no tienen significado alguno las demás formas de los complejos.

No está exento de dudas el proceso pseudomórfico de nuestros yesos en relación con la hipótesis de la glauberita. [La realidad se ha encargado de demostrar que es un proceso común].

No queda, por hoy, a lo que veo, otra interpretación que la sustentada en mis dos notas anteriores. El mayor obstáculo que para ella se encuentra, el cambio de calcita en yeso, no lo es para mí; como las aguas selenitosas fuesen sulfhídricas o sulfúricas y bien pueden serlo por la materia orgánica que ordinariamente contienen, que debió ser abundante en la formación sarmantiense, a juzgar por los restos de grandes vertebrados encontrados en ella; el cambio entra en el dominio de lo trivial.

Después de una larga discusión sobre las medidas goniométricas de la glauberita, y su comparación con las tomadas como «pseudoformas metasomatizadas»:

He de manifestar, primeramente, que la hipótesis de que los yesos de dicha localidad sean pseudomórficos de glauberita, es por demás atractiva y de gran sencillez minerogenética.

Al estudiarla surgen, sin embargo, tales objeciones y dudas, que su admisión no puede ser franca y satisfactoria, sin escrúpulos de peso.

Conclusión

A principios del siglo XX tuvo lugar una polémica entre Eduardo Hernández – Pacheco y José Royo Gómez y Francisco Pardillo acerca del origen de unas formas cristalinas encontradas en el Cerro de los Ángeles (facies evaporíticas de la cuenca de Madrid), atribuidas a yesificación de un mineral precursor. En dicha polémica entró en escena un cambio en la metodología de estudios mineralógicos – petrológicos representado por la intervención Lucas Fernández Navarro. Sus conclusiones atribuyendo las formas a yesificación de glauberita, acertadas según han comprobado estudios posteriores, no fueron aceptadas por el profesor Pardillo.